

УДК 627.8.012.4

А.С.Уваров, адъюнкт, ВИТУ, Р.О.Петров, к.т.н., доц. (ВИТУ)

ОСОБЕННОСТИ ВЕРОЯТНОСТНОГО РАСЧЁТА КОНСТРУКЦИЙ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ НА ТРУБОБЕТОННЫХ ОБОЛОЧКАХ

Опыт гидротехнического строительства показывает, что применение причальных сооружений на металлических сваях-оболочках диаметром 1420 мм, заполненных армированным бетоном (трубобетонных оболочках), получило широкое распространение. Это произошло вследствие того, что такие гидротехнические сооружения (ГТС) занимают промежуточное положение между свайными и гравитационными, избегая их недостатков и обладая рядом преимуществ: высокой технологичностью возведения; значительной несущей способностью; большим сроком службы; целесообразностью использования при больших глубинах и в сейсмически активных районах.

Практические эксперименты демонстрируют большую несущую способность у элементов круглого сечения в металлической обойме по сравнению с безобойменными вследствие увеличения призмной прочности бетонного ядра на сжатие. При нагрузке на трубобетонный стержень металлическая оболочка воспринимает нагрузку как пустотелый цилиндр и удерживает бетонное ядро внутри этого цилиндра. Однако это укрепляющее воздействие обоймы на конструкцию при проектировании не учитывают, относя его в запас прочности.

Современные способы прогнозирования природных возмущений (штормов и сейсмоактивности) обрели достаточную точность, т.е. о приближении расчётного шторма или об ожидаемой сейсмоопасности соответствующие службы предупреждают заблаговременно. В случае своевременного оповещения на время штормовых или сейсмических воздействий персонал, работающий на сооружениях, будет удалён на безопасное расстояние, и люди не пострадают из-за возможных повреждений ГТС после расчётных воздействий. Следовательно, их можно отнести к категории сооружений, близких к конструкциям с чисто экономической ответственностью. Таким образом, для рассматриваемых систем есть возможность снизить нормативную вероятность ненаступления отказа.

Применение вероятностного метода для расчёта ГТС позволяет учесть такие факторы, как:

- случайность характера воздействия;
- разброс прочностных и деформационных характеристик основания;
- разброс прочностных характеристик стали и бетона;
- случайные отклонения геометрических параметров отдельных элементов и всей конструкции в целом.

Технологическая реализация проектно-конструкторских решений в реальные физические объекты всегда осуществляется с некоторой степенью приближения, поэтому значения расчётных и физических параметров строительных конструкций, в частности морских гидротехнических сооружений (МГТС), не совпадают. Это обусловлено приближенностью расчётных схем, изменчивостью сортаментных и технологических допусков геометрических и механических характеристик строительных конструкций.

При проектировании необходимо определить численные значения параметров конструкций, соответствующие границе области предельных состояний, что определяет их эксплуатационный ресурс. Так как все параметры строительных конструкций обладают свойствами изменчивости, то граница предельных состояний не может быть определена в детерминированной форме. Разрешение противоречия между детерминизмом проектно-конструкторского расчётного аппарата и статически вероятностной природой расчётных

параметров строительных конструкций открывает существенные технико-экономические резервы.

Исследования показывают, что расчётные параметры конструкций подчиняются нормальному закону распределения. По отношению к известному предельному равенству $\Phi_{\min} \geq N_{\max}$ это означает

$$[\Phi_{\min} = (m_{\phi} - 3\sigma_{\phi})] \geq [N_{\max} = (m_N + 3\sigma_N)], \quad (1)$$

где Φ_{\min} – предельная наименьшая несущая способность рассчитываемого элемента; N_{\max} – предельное наибольшее расчётное усилие в конструктивном элементе; m, σ – числовые характеристики плотности распределения вероятностей Φ и N , т.е. их математические ожидания и средние квадратические отклонения.

$$\Phi = f(R; S), \quad N = f(P_G; P_K),$$

где S – геометрические параметры; R – механические параметры; P_G – гравитационные нагрузки; P_K – климатологические нагрузки и воздействия.

Исходя из удовлетворения условий трёхсигменной аксиомы, предельное неравенство (1) приводится к следующему виду:

$$\{\Phi_{\min} = P[X_{\phi} > (m_{\phi} - 3\sigma_{\phi})]\} \geq \{N_{\max} = P[X_N < (m_N + 3\sigma_N)]\}, \quad (2)$$

где X_{ϕ}, X_N – случайные изменчивые величины, являющиеся аналогами детерминированных параметров Φ_{\min} и N_{\max} неравенства теории предельных состояний.

Подставляя в (2) математические ожидания и средние квадратические отклонения можно определить надёжность и подобрать геометрические параметры конструкции, а затем сравнить с детерминистическим расчётом той же конструкции, определив при этом экономический эффект. Таким образом, прямой динамический расчёт ГТС в вероятностной постановке задачи представляется наиболее экономически целесообразным вследствие учёта отмеченных случайных факторов.